

PENGENDALIAN ROBOT YANG MEMILIKI LIMA DERAJAT KEBEBASAN

Deny Wiria Nugraha

Dosen Jurusan Teknik Elektro UNTAD Palu, Indonesia

Email: deny_wiria_nugraha@yahoo.co.id

Abstract—This study design controls a robotic arm is a robotic transfer of goods which have five degrees of freedom by using a system of point-to-point programming, the robot is quite necessary in the industrial world today, because it can be programmed back so that makes the robot to be flexible in working out various things. The design of this arm robot control system using the computer as a data processor with PPI-8255 interface and parallel port (LPT1). Robot software system designed to control the robot to do a certain task is instructed via keyboard. Control of motor rotation in the robot is done through software on personal computers and the robot is designed to be controlled manually or automatically using the program Delphi 7.0.

Keyword: Robot, Computer, Delphi 7.0.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dalam bidang elektronika, komputer dan perangkat lunak (*software*) berkembang demikian pesatnya. Perkembangan ini seiring dengan naiknya penggunaan robot dalam dunia industri untuk menghasilkan produk-produk yang berkualitas. Hal ini telah membuat banyak proses industri beralih dari sistem manual ke sistem otomatis, dengan peran manusia yang semakin kecil.

Dalam dunia otomasi, robot memegang peranan penting sebagai salah satu hal yang potensi pengembangannya saat ini terbesar. Fungsi utama robot dalam dunia industri saat ini adalah menggantikan tugas manusia yang berhubungan dengan kegiatan yang berulang-ulang atau *repetitif* yang membutuhkan daya tahan serta konsentrasi tinggi, terutama untuk melakukan pekerjaan fisik yang berat, memindahkan barang, memposisikan benda dan proses-proses lainnya. Jika seseorang disuruh melakukan suatu kegiatan *repetitif* maka pekerjaan itu

akan terasa menjemukan dan melelahkan sehingga kadang dapat menimbulkan kelalaian yang tidak jarang mengarah pada kecelakaan. Untuk meminimalisasi hal-hal tersebut maka manusia memerlukan robot sebagai pengganti yang mempunyai daya tahan serta konsentrasi yang tinggi terutama dalam mengerjakan pekerjaan yang berulang-ulang atau *repetitif*.

Pada awalnya, robot merupakan suatu mesin otomatis dimana sistemnya masih berupa otomatis mekanik dengan gerakan yang dikontrol oleh sistem kontrol yang sederhana. Dengan berkembangnya komputer dan perangkat lunak (*software*), sistem kontrol pada robot dikembangkan dengan menggunakan komputer dimana kontrol gerakan serta sensor-sensornya ditangani oleh komputer. Keadaan ini membuat robot semakin handal untuk menangani suatu pekerjaan.

Tujuan penelitian ini adalah merencanakan pengendalian suatu jenis robot lengan yang merupakan robot pemindah barang yang memiliki lengan serta memiliki lima derajat kebebasan yang berguna untuk membantu manusia dalam mengerjakan kegiatan yang *repetitif* misalnya memindahkan barang dan memposisikan benda, yang membutuhkan konsentrasi serta daya tahan yang tinggi. Untuk itu penulis perlu memahami konsep mengenai robot serta teknik kontrol dan interfacing dengan menggunakan komputer serta bahasa pemrograman yang digunakan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengantar Robotika

Menurut Fu, *et al.* (1987) Istilah robot pertama kali diperkenalkan dalam bahasa Inggris pada tahun 1921 oleh seorang dramawan *Cekoslowakia* yang bernama *Karel Capek* dalam dramanya yang berjudul *R.U.R (Rossum's Universal Robots)*. Pada

karya dramanya ini, robot dipakai untuk mengistilahkan sebuah makhluk kecil yang dibuat menyerupai manusia dan memiliki kemampuan kerja yang tak kenal lelah. Di akhir ceritanya, robot-robot ini kemudian bangkit menyerang penciptanya dan memusnahkan seluruh manusia. Imajinasi seluruh robot ini semakin dipertegas dalam sebuah film robot dari Jerman yang berjudul *metropolis*, dimana film ini menceritakan mengenai sebuah robot pejalan kaki bernama *Elektro* dan anjingnya yang bernama *Sparco*.

Robot dalam arti mula-mula adalah “forced labour” yang berarti pekerja paksa, namun dalam pengertian modern kata robot sudah mengalami perluasan makna. Menurut *The Robotics International Division of The Society of Manufacturing Engineers (RI/SME)*, robot dapat didefinisikan sebagai “a reprogrammable and multifunctional manipulator designed to move material, part, tools, and specialized devices through variable programmed motions for the performance of a variety of tasks” (Korem, 1985).

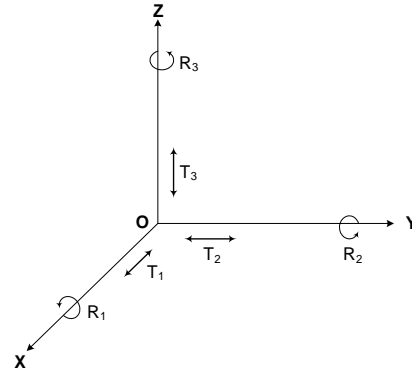
Dari pengertian diatas, terdapat tiga kata kunci yang menunjukkan ciri sebuah robot yaitu: *reprogrammable* (dapat diprogram kembali), *multifunctional* (multifungsi), dan *move material, part, tools* (mendefinisikan tugas manipulator). Jadi definisi robot, khususnya robot industri adalah perangkat multifungsi yang dirancang untuk memanipulator dan mentransformasikan alat atau perangkat tertentu melintasi suatu lintasan yang telah diprogramkan guna menyelesaikan tugas-tugas tertentu.

Dalam dunia industri di atas tentu saja akan semakin bertambah luas, apalagi dalam perkembangan-perkembangan teknologi terbaru, robot sudah dilengkapi dengan *artificial intelligence* yang memungkinkan sebuah robot dapat beradaptasi dengan lingkungannya.

B. Derajat Kebebasan Robot

Derajat kebebasan (*Degree of Freedom*) suatu robot dapat diartikan sebagai jumlah gerakan independen yang dapat dibuat suatu objek terhadap sistem koordinat yang dapat menyebabkan perubahan posisi atau orientasi. Terdapat enam gerakan independen yang dapat dibuat suatu objek:

- Tiga gerakan translasi T_1 , T_2 , T_3 sepanjang aksis OX, OY dan OZ.
- Tiga gerakan rotasional R_1 , R_2 , R_3 pada aksis OX, OY dan OZ.



Gambar 1. Enam derajat kebebasan pada suatu objek

Di dalam menentukan jumlah derajat kebebasan yang dimiliki oleh sebuah robot, tidak dapat dilakukan hanya dengan menghitung jumlah persendian (*joint*) yang dimiliki oleh robot tersebut, karena tidak semua gerakan independen yang dibuat oleh persendian dapat dikategorikan sebagai derajat kebebasan.

C. Klasifikasi Sistem Robot

Berdasarkan tipe lintasan sistem, suatu robot dapat dibedakan menjadi dua:

a. Point-to-point system (PTP)

Disebut juga sebagai sistem titik ke titik. Pada sistem ini, robot bergerak berdasarkan lokasi-lokasi koordinat yang telah ditentukan. Kecepatan gerak dan lintasan yang diambil oleh robot dalam pergerakannya dari sebuah titik koordinat ke titik koordinat lain tidak diperhitungkan. Sistem ini paling sering dipakai karena lebih mudah aplikasinya, contoh aplikasi sistem ini adalah pada robot pengelasan titik (*spot welding robot*). Robot ini mula-mula bergerak ke suatu titik koordinat tertentu dan melakukan pengelasan, kemudian bergerak ke titik koordinat lain, dan seterusnya, lalu kembali ke posisi awal untuk mengulangi siklus yang sama. Biasanya pada robot jenis PTP ini hanya menekankan pada upaya mencapai suatu lokasi titik koordinat secara akurat, sehingga untuk itu diperlukan kalkulasi serta sensor *feedback* yang baik.

b. *Continuous-path system (CP)*

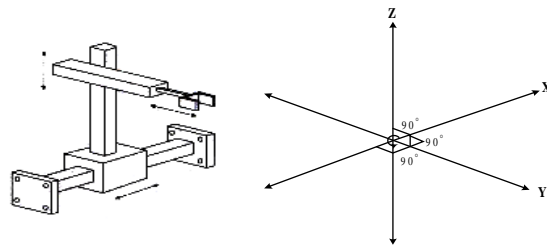
Sistem CP ini dapat disebut sebagai sistem lintasan kontinu. Contoh aplikasi dari sistem CP ini adalah pada robot pengelas busur, robot pengecat dengan teknik semprot, robot gambar, dan lain-lain. Dalam sistem CP, seluruh aksis bergerak secara bersama masing-masing dengan kecepatan yang berbeda.

Kecepatan-kecepatan tersebut dikoordinasi dalam suatu komputer sedemikian rupa untuk mendapatkan lintasan gerak robot yang diinginkan. Apabila terjadi kesalahan berupa perubahan kecepatan pada salah satu aksis saja maka gerak robot akan menjadi salah. Untuk mendapatkan gerakan sesuai dengan lintasan yang diinginkan robot harus diprogram atau dilatih terlebih dahulu. Untuk memastikan robot CP bergerak sesuai dengan lintasan yang diinginkan, maka sinyal *feedback* harus di monitor secara kontinu. Sinyal *feedback* ini biasanya berupa sinyal analog yang kemudian disimpan dalam sebuah media misalnya *magnetic tape*. Dalam perkembangan selanjutnya, sinyal digital mulai dilirik untuk menggantikan sinyal analog, untuk mendapatkan respon yang mirip dengan sinyal analog maka sinyal digital ini di-*sampling* dengan frekuensi yang sangat tinggi.

Berdasarkan struktur dari manipulator-nya suatu sistem robot dapat dibagi menjadi 4 (McDonald, 1986).

a. Cartesian coordinate robot

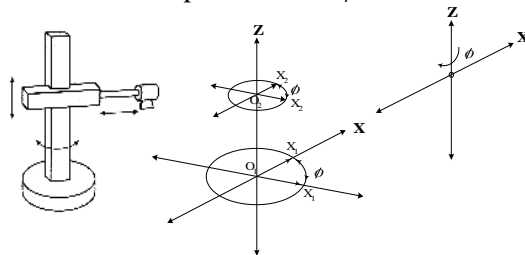
Dikenal juga sebagai robot koordinat kartesian. Robot dengan mekanisme jenis ini tersusun atas beberapa sambungan prismatik (*orthogonal slide*) dan sumbu utama yang tidak berputar. Posisi *end effector* dituliskan dalam sistem koordinat kartesian. Bagian utama robot tipe ini terdiri dari tiga aksis pergerakan linear, seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Robot koordinat kartesian dan *working envelope*-nya

b. Cylindrical coordinate robot

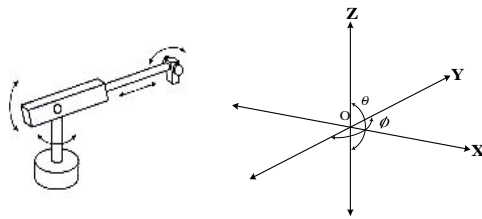
Dikenal sebagai robot koordinat tabung. Robot jenis ini tersusun atas beberapa sambungan prismatik (*orthogonal slide*) dan sumbu utama yang berputar. Posisi dari *end effector* dituliskan dalam koordinat silindris. Bagian utama dari robot koordinat tabung terdiri dari dua aksis pergerakan linear, dan sebuah aksis pergerakan rotasional. Sebuah sumbu linear bergerak ke arah r , sumbu linear yang lain bergerak ke arah z , dan sumbu rotasional berputar ke arah ϕ .



Gambar 3. Robot koordinat tabung dan *working envelope*-nya

c. Spherical coordinate robot

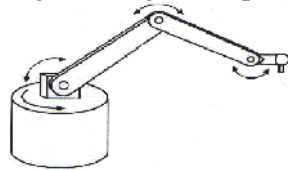
Dikenal sebagai robot koordinat bola. Robot jenis ini memiliki konfigurasi yang mirip dengan *turret* pada tank. Bagian utama dari robot ini terdiri dari sebuah aksis pergerakan linear dan dua buah aksis pergerakan rotasional. Posisi dari *end effector* dinyatakan dalam koordinat silindris. Sebuah sumbu linear bergerak pada arah r . Sebuah sumbu rotasi bergerak pada arah ϕ dan sumbu rotasi yang lain bergerak pada arah θ .



Gambar 4. Robot koordinat bola dan *working envelope*-nya

d. Articulated robot

Robot tipe ini merupakan robot yang paling populer saat ini. Bagian utama dari robot ini terdiri dari tiga aksis pergerakan rotasional. Oleh sebab itu robot ini memiliki fleksibilitas mekanis yang terbaik, dan juga dapat bergerak dengan kecepatan tinggi.

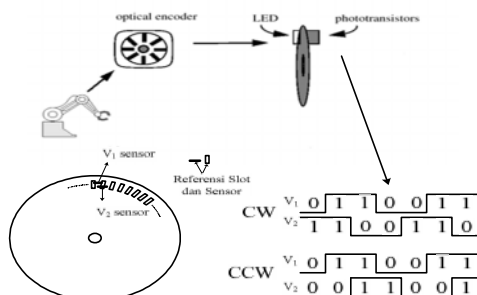


Gambar 5. Articulated Robot

D. Sensor Optical Encoder

Untuk menghasilkan suatu kontrol posisi yang akurat peralatan sensor yang banyak digunakan adalah *optical encoder*. Optical (*photoelectric*) encoder memiliki tingkat akurasi yang tinggi, handal, dan relatif murah, mudah dalam aplikasinya (Sigit, 2007).

Sensor *feedback optical encoder* biasanya dipergunakan sebuah piringan berlubang-lubang yang dilewatkan pada sepasang pengirim dan penerima infra-red. Prinsip kerja *optical encoder* dapat ditunjukkan pada gambar 6.

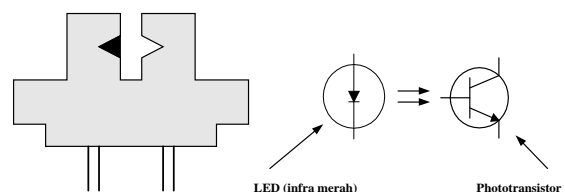


Gambar 6. Prinsip kerja dan timing diagram *optical encoder*

Untuk menentukan arah gerakan, *optical encoder* memiliki dua buah input v_1 dan v_2 . Apabila terjadi pembacaan fase 01, 11, 10, 00 pada output v_1 dan v_2 maka gerakan yang terdeteksi adalah gerakan searah jarum jam (CW = *Clock Wise*). Dan jika sebaliknya apabila fase yang terbaca adalah 00, 10, 11, 01 maka gerakan yang terdeteksi adalah gerakan berlawanan arah jarum jam (CCW = *Counter Clock Wise*). Sensor sebagai *feedback* yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sensor *optical encoder*.

E. Optocoupler

Komponen ini sebenarnya termasuk keluarga Switch on/off, tetapi karena digunakan secara khusus dengan memanfaatkan transmisi sinar, baik sinar “putih” (*visible light*) maupun sinar infra merah sebagai pemicu on/off-nya, maka *optocoupler* dimasukkan dalam kelompok switch yang khusus. Sebuah model fisik *optocoupler* diperlihatkan pada gambar 7 (Pitowarno, 1994).



Gambar 7. Fisik optocoupler dan isi rangkaiannya

Optocoupler diartikan sebagai *opto (optic)* dan *coupler*. Jadi *optocoupler* adalah suatu komponen penghubung (*coupling*) yang bekerja berdasarkan “picu” cahaya/optik. *Optocoupler* terdiri dari dua bagian, yaitu bagian *transmitter* dan *receiver*. *Transmitter* biasanya dibangun dari sebuah led infra merah untuk memperoleh ketahanan yang lebih baik terhadap sinar tampak, daripada bila menggunakan led biasa. *Receiver* dibangun dengan dasar komponen *phototransistor* yang akan memperoleh bias maju/on bila mendapat sinar dari led transmitter.

F. Port Paralel (LPT1)

Setiap *personal computer* (PC) memiliki standar port paralel yang biasanya digunakan untuk pemakaian printer (Pitowarno, 1994). Nama lain dari port paralel adalah port printer, karena memang dirancang untuk melayani pencetak paralel. Port ini sebenarnya salah satu dari port paralel yang tersedia yaitu LPT0, LPT1, dan LPT2. Yang disebut port printer adalah port 1. Slot printer dengan mudah dapat ditemukan di setiap komputer dalam bentuk konektor DB25. Berikut ini adalah gambaran umum LPT1, yang perlu diperhatikan adalah sifat R/W (*Read/Write*) dan logikanya.

Tabel 1. Sifat dan alamat port paralel

LPT0	LPT1	LPT2	SIFAT	NAMA
3BCH	378H	278H	R/W	Data Port (DP), 8 bit
3BEH	37AH	27AH	R/W	Printer (PC), 5/4 bit
3BDH	379H	279H	R	Printer Status, 5 bit

G. Programmable Peripheral Interface 8255 (PPI-8255)

PPI-8255 adalah salah satu dari *I/O device* yang dapat diprogram oleh pemakai. PPI-8255 biasanya digunakan sebagai *general purpose I/O* untuk menginterfacekan peralatan luar ke dalam sistem bus komputer (CPU). PPI-8255 dirancang untuk membuat port masukan dan keluaran. IC ini mempunyai 24 bit I/O yang terorganisasi menjadi 3 port 8 bit dengan nama port A, port B, dan port C (Pitowarno, 1994).

Port tersebut merupakan *general purposes I/O* dalam arti bahwa port tersebut dapat digunakan sebagai input port, output port ataupun *bidirectional* port, tergantung pada perintah yang diberikan pada program ataupun parameter peralatan luar yang dipakai. Untuk keperluan penentuan fungsi ketiga port tersebut, maka PPI memiliki sebuah port lagi yaitu port *control word*.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan cara merancang dan

mengembangkan suatu perangkat lunak (*software*) untuk mengendalikan pergerakan lengan robot dan melakukan serangkaian pengujian untuk mendapatkan posisi lengan robot yang presisi dan sesuai dengan data pergerakan yang dikendalikan oleh komputer.

A. Bahan Penelitian

Data yang merupakan bahan penelitian ini dikumpulkan melalui beberapa metode sebagai berikut:

- Studi literatur, yaitu penelusuran literatur mengenai dasar pengetahuan tentang hal-hal yang berkaitan dengan penelitian ini meliputi:
 - Sistem kontrol dengan menggunakan komputer beserta interfacingnya.
 - Konsep mengenai robot dan sistem transmisi roda gigi.
 - Teknik pengontrolan motor DC.
 - Teknik pembacaan sensor optical encoder.
 - Program yang digunakan dalam penelitian ini.
- Melakukan pengamatan secara langsung pada perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada sistem pengendalian robot.
- Pengumpulan data berdasarkan hasil-hasil pengujian baik secara per bagian maupun pengujian secara keseluruhan.

B. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: perangkat keras (*hardware*) berupa komputer dengan prosesor Intel Pentium IV; memori 1GB RAM; hard disk 80 GB; port paralel (LPT1), PPI-8255 dan rangkaian *driver* motor DC, sensor, dan tampilan. Perangkat lunak (*software*) berupa sistem operasi Microsoft Windows XP dan program Delphi versi 7.0.

C. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

- Perancangan sistem mekanis robot.
- Perancangan sistem perangkat keras (*hardware*) robot, meliputi:

- Perancangan rangkaian *driver* motor DC, rangkaian *driver optocoupler* dan rangkaian tampilan berupa led.
 - Perancangan sensor *optical encoder* pada *base*, *shoulder joint*, *elbow joint*, *wrist joint* untuk gerakan *pitch* dan *wrist* dan untuk gerakan *roll*.
- c. Perancangan sistem perangkat lunak (*software*) robot, meliputi:
- Perancangan software untuk inisialisasi PPI-8255 dan paralel port (LPT1).
 - Perancangan software untuk menyimpan dan mengeksekusi instruksi robot, merancang program tampilan pergerakan robot secara visual yang terdiri dari status pergerakan motor-motor yang digunakan, status *limit switch* dan status pembacaan *optocoupler*, program membaca sensor *optical encoder*, mengoperasikan dan mengontrol motor DC sebagai penggerak robot, mengontrol posisi robot dengan melakukan perhitungan/pembacaan pulsa hasil dari sensor *optical encoder* dan mengirimkan status pergerakan lengan pada posisi tertentu ke komputer. Sehingga robot ini dapat dikontrol selain manual bisa juga secara otomatis.
- d. Pengujian sistem kerja robot, meliputi:
- Pengujian kerja seluruh perangkat keras meliputi pengujian rangkaian PPI-8255 dan paralel port (LPT1), pengujian rangkaian *driver* motor DC, pengujian rangkaian *driver optocoupler*, dan pengujian tampilan pada led.
 - Pengujian kerja seluruh perangkat lunak meliputi pengujian program inisialisasi PPI-8255 dan paralel port (LPT1), pengujian pembacaan sensor *optical encoder*, pengujian pengoperasian dan pengontrolan motor DC, dan pengujian program penyimpanan dan pengeksekusian data posisi pergerakan lengan robot.
 - Pengujian kerja seluruh mekanik robot meliputi pengujian pada masing-masing bagian robot yang terdiri dari *base*, *shoulder joint*, *elbow joint*, *wrist joint* untuk gerakan *pitch*, *wrist* dan

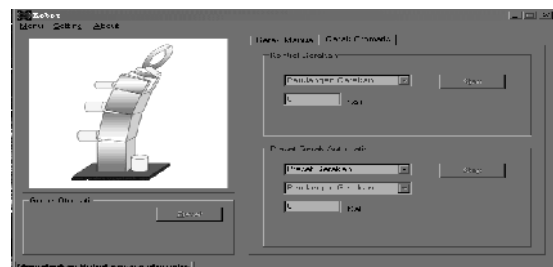
untuk gerakan *roll* serta pengujian kinerja roda gigi yang digunakan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

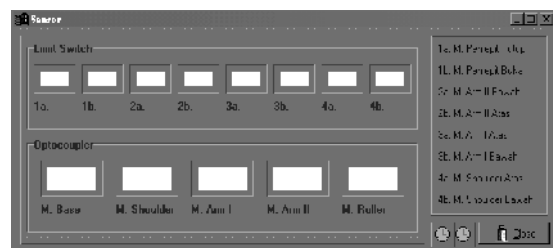
A. Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak yaitu bahasa pemrograman Delphi versi 7.0. Delphi merupakan suatu program berbasis bahasa Pascal yang berjalan dalam lingkungan Windows. Delphi telah memanfaatkan suatu teknik pemrograman yang disebut *Rapid Application Development* (RAD) yang telah membuat pemrograman menjadi lebih mudah (Madcoms, 2003). Delphi merupakan suatu bahasa pemrograman yang telah memanfaatkan metode *Object Oriented Programming* (OOP).

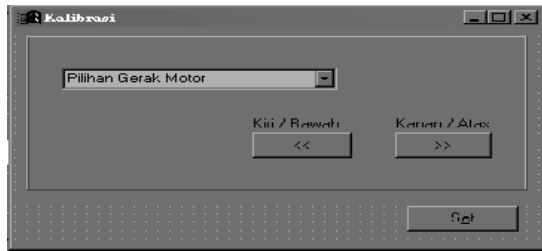
Hasil tampilan program pergerakan robot dengan menggunakan Delphi terdiri dari status pergerakan motor-motor yang digunakan, status *limit switch* dan status dari pembacaan *optocoupler* dan tampilan untuk pergerakan robot baik secara manual maupun secara otomatis. Pada perencanaan tampilan inidibagi lagi menjadi 3 buah form yaitu form1, form2 dan form3. Bentuk dan isi komponen pada masing-masing form tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8. Tampilan pada form1



Gambar 9. Tampilan pada form2



Gambar 10. Tampilan pada form3

B. Pembahasan

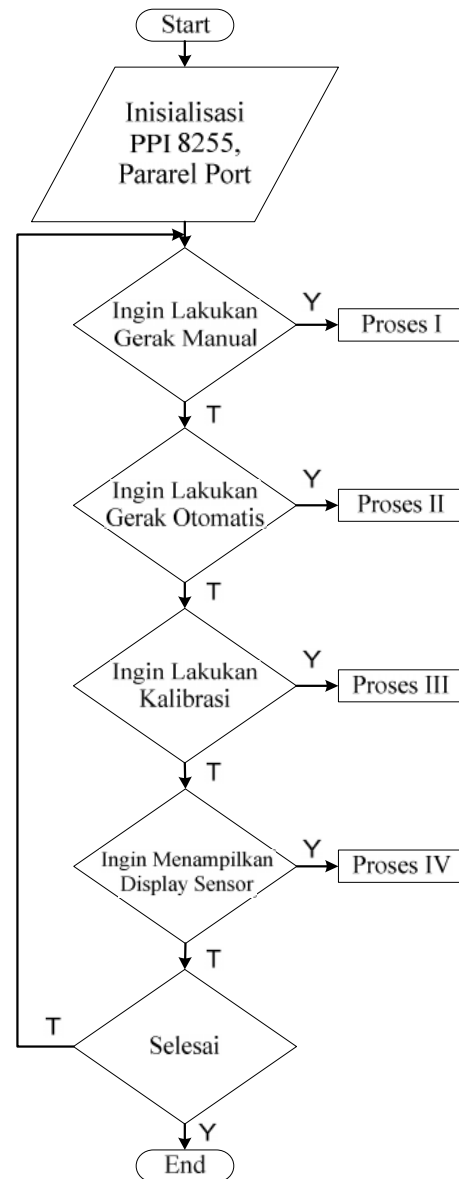
Bagian program utama pada perencanaan robot merupakan bagian terpenting pada perencanaan sistem perangkat lunak dari robot lengan karena berkaitan dengan fungsi yang ingin ditampilkan oleh robot, yang dalam hal ini adalah pembelajaran *point-to-point programming*, maka data pergerakan robot yang harus disimpan adalah posisi-posisi titik dari masing-masing lengan. Data posisi tersebut harus dapat dipanggil kembali ketika programnya dijalankan. Untuk itu sistem perangkat lunaknya harus memiliki rutin penyimpanan dan pengeksekusian data. Berikut ini adalah gambar seluruh diagram alir/flowchart dari program utama.

C. Pengujian

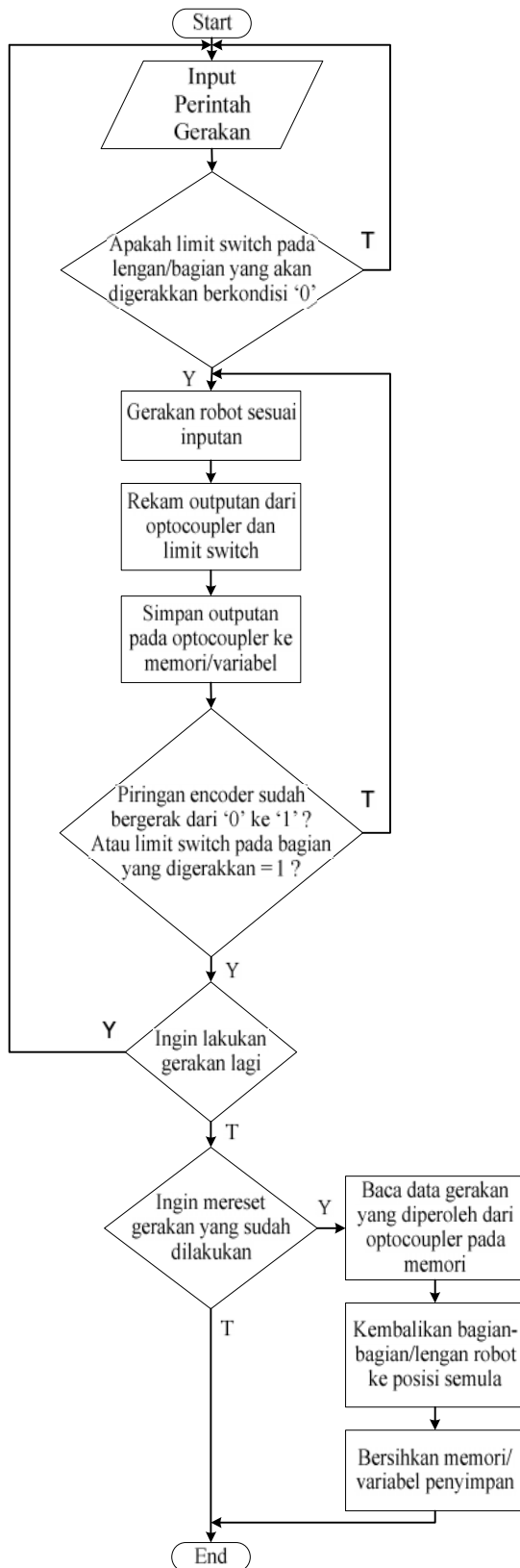
Untuk mendapatkan suatu posisi secara akurat, maka sistem kontrol posisi motor yang digunakan harus tepat untuk meminimalisasikan pengaruh beban dan torsi yang berubah-ubah pada robot.

Pada proses eksekusi (menjalankan robot pada mode otomatis), seluruh data yang telah disimpan sebelumnya akan dipanggil kembali. Pada saat pengeksekusian, tampilan pada led-led indikator dan tampilan pada layar monitor dipergunakan untuk kepentingan pengujian. Tampilan ini untuk mendeteksi gerakan pada masing-masing motor, mendeteksi pembacaan pulsa pada piringan *encoder* oleh *optocoupler* dan untuk mendeteksi adanya *limit switch*.

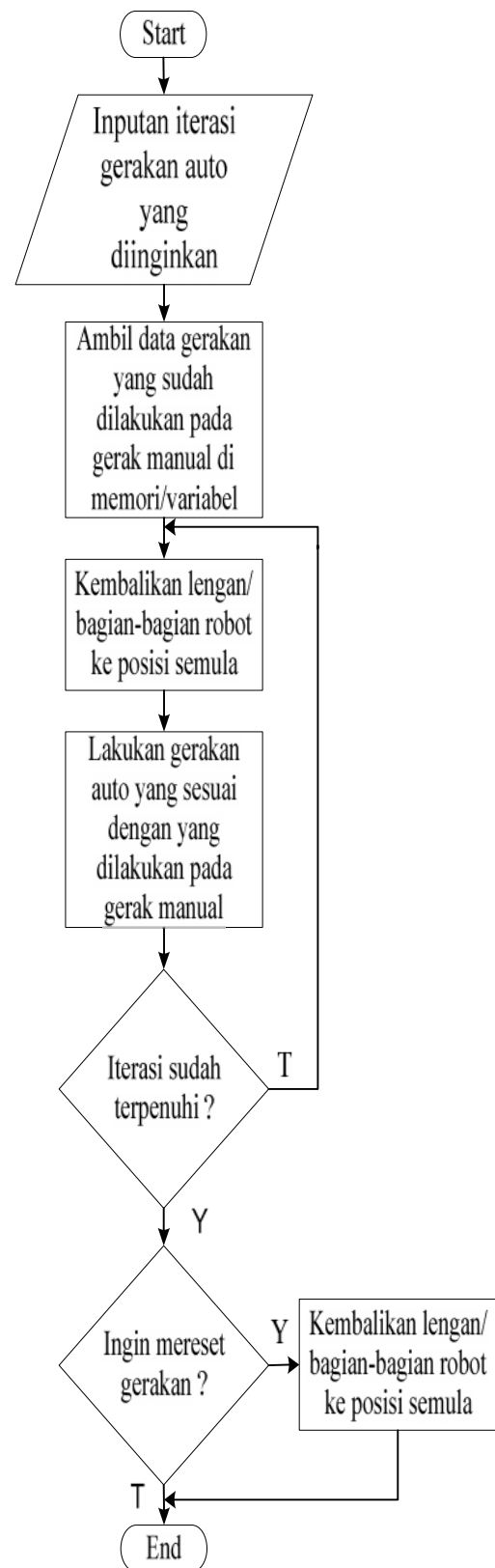
Untuk menginterfacekan peralatan yang dibuat, digunakan PPI-8255 dan paralel port (LPT1). Metode yang digunakan untuk melakukan pengujian pada rangkaian PPI-8255 dan paralel port (LPT1) adalah dengan menghubungkan saluran-saluran yang digunakan dengan indikator led yang mewakili arah aliran data atau saluran-saluran mana yang sedang aktif..



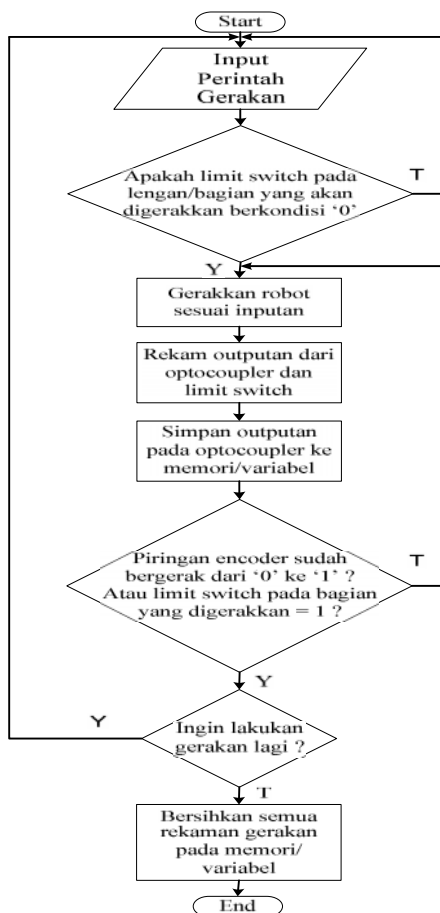
Gambar 11.Flowchart program utama



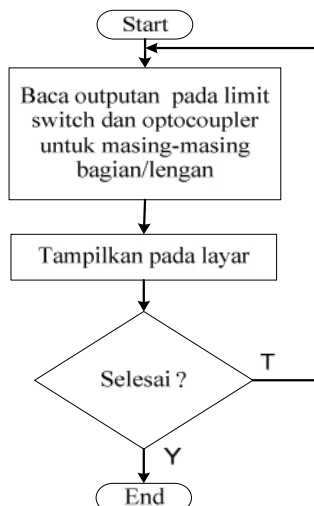
Gambar 12. Flowchart proses I (gerak manual)



Gambar 13. Flowchart proses II (gerak otomatis)



Gambar 14.Flowchart proses III (proses kalibrasi)



Gambar 15.Flowchart proses IV (menampilkan display sensor)

Setiap port pada PPI-8255 yaitu port A diset sebagai output, port B diset sebagai input sedangkan pada port C lower (C0 sampai C3) dan port C upper (C4 sampai C7) diset sebagai input, dan dengan menggunakan program akan dikirim data pada alamat port PPI. Alamat yang dipergunakan untuk port A adalah 300h, port B 301h dan port C 302h, sedangkan untuk paralel port (LPT1) menggunakan alamat 378h dimana data 1 mewakili logika '1' sehingga led harus menyala dan data 0 mewakili logika '0' sehingga led harus mati.

Data yang didapat dari hasil pengujian rangkaian PPI-8255 dan paralel port (LPT1) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Pengujian logika '1' dan '0' pada port A

Data	Status LED Pada Port A							
	LED 1 (pin A0)	LED 2 (pin A1)	LED 3 (pin A2)	LED 4 (pin A3)	LED 5 (pin A4)	LED 6 (pin A5)	LED 7 (pin A6)	LED 8 (pin A7)
1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 3. Pengujian logika '1' dan '0' pada port B

Data	Status LED Pada Port B				
	LED 1 (pin B0)	LED 2 (pin B1)	LED 3 (pin B2)	LED 4 (pin B3)	LED 5 (pin B4)
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0

Tabel 4. Pengujian logika '1' dan '0' pada port C

Data	Status LED Pada Port C							
	LED 1 (pin C0)	LED 2 (pin C1)	LED 3 (pin C2)	LED 4 (pin C3)	LED 5 (pin C4)	LED 6 (pin C5)	LED 7 (pin C6)	LED 8 (pin C7)
1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 5. Pengujian logika '1' dan '0' pada paralel port (LPT1)

Data	Status LED Pada Paralel Port (LPT1)			
	LED 1 (pin 2)	LED 2 (pin 3)	LED 3 (pin 4)	LED 4 (pin 5)
1	1	1	1	1
0	0	0	0	0

Untuk memutar motor maka *driver* motor DC pertama-tama diberi tegangan dari PPI-8255 dan paralel port (LPT1),

maka seharusnya motor berputar dan demikiansebaliknya walaupun telah dipasang tegangan supply tetapi jika tidak terdapat tegangan pada relay maka motor tidak dapat berputar.

Tabel 6. Pengujian motor DC pada logika '1'

Pengujian	Status Motor					
	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4	Motor 5	Motor 6
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1

Tabel 7. Pengujian motor DC pada logika '0'

Pengujian	Status Motor					
	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4	Motor 5	Motor 6
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0

Pengendalian robot yang memiliki lima derajat kebebasan dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi dapat dijalankan melalui dua mode input, yaitu mode manual dan mode otomatis.

▪ Mode manual

Pada mode manual, gerakan robot dikontrol via *keyboard*. Pada mode ini, dapat diprogram posisi-posisi yang ingin dituju oleh robot, melalui pemrograman secara manual, atau hanya menggerakkan robot tanpa melakukan pemrograman apa-apa. Sistem akan berpindah dari mode kontrol manual ke mode kontrol otomatis pada saat pengguna (*user*) menekan tombol 'start' pada mode gerak otomatis.

▪ Mode otomatis

Selain dapat dioperasikan secara manual, robot dapat dioperasikan secara otomatis, dengan mengacu kepada prinsip data input yang didapat dari hasil putaran piringan *optocoupler* yang menghasilkan pulsa, yang mana jumlah hitungan dari pulsa tersebut akan disimpan pada suatu register pada program. Dan akan dikeluarkan bersamaan dengan berputarnya motor sampai jumlah dari hitungan pulsa tersebut 0 (nol). Pada mode otomatis, input lewat *keyboard* tidak berpengaruh lagi. Komputer akan

megirimkan posisi-posisi yang telah diprogramkan sebelumnya pada saat mode kontrol manual. Untuk keluar dari sistem otomatis dapat dilakukan dengan menekan mode gerak manual.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

- Sistem mekanik robot dirancang dalam tipe *articulated joint* dan merupakan sebuah robot pemindah barang, yang terdiri dari lengan dan penjepit sederhana (*gripper*) serta memiliki lima derajat kebebasan. Robot ini dirancang mempergunakan tenaga penggerak motor DC dengan sistem transmisi berupa roda gigi linear(*spur-gear*) dan roda gigi cacing(*worm-gear*).
- Perancangan sistem perangkat keras/hardware robot meliputi perencanaan rangkaian interfacing, perencanaan rangkaian power supply, perencanaan unit tampilan, perencanaan unit *driver* motor DC dan perencanaan modul unit sensor sebagai inputan untuk kontrol gerakan robot, yang masing-masing akan dikontrol secara independen oleh komputer melalui suatu rangkaian interfacing (PPI-8255) dan paralel port (LPT1). Rangkaian interface yang digunakan berfungsi sebagai peralatan I/O yang menghubungkan unit penggerak yang terdapat pada peralatan mekanis dengan komputer yang merupakan pemroses data. Dimana motor DC diatur kecepatannya agar tidak timbul kesalahan yang cukup besar di saat mencapai posisi yang diinginkan.
- Sistem perangkat lunak (software) robot dirancang agar dapat mengendalikan robot untuk mengerjakan suatu tugas tertentu yang diinstruksikan melalui *keyboard*. Pengontrolan putaran motor dilakukan melalui *software* pada komputer dan robot ini dirancang dapat dikontrol secara manual maupun secara otomatis dengan menggunakan program Delphi 7.0.

B. Saran

- a. Untuk pengembangan lebih lanjut, sebaiknya mempergunakan sistem kontrol yang lebih baik untuk mengontrol posisi motor, misalnya sistem kontrol *PID* atau *Fuzzy Logic*. Dengan sistem kontrol yang lebih baik maka kesalahan/error yang timbul dalam kontrol posisi robot akan semakin kecil.
- b. Untuk memperhalus gerakan pada robot dan menambah kekuatan pada motor maka dapat digunakan sistem penggerak lainnya seperti motor stepper, sistem hidrolik atau sistem pneumatik.
- c. Untuk lebih menambah ketelitian sudut gerakan robot dapat menggunakan sensor-sensor yang lebih akurat.
- d. Untuk meningkatkan kenyamanan dan keefektifan dalam memprogram gerakan robot dapat dipergunakan sistem remote kontrol jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- Fu, K. S., Gonzalez, R. C., Lee, C. S. G., 1987, *ROBOTICS: Control, Sensing, Vision, and Intelligence*, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Korem, Y., 1985, *ROBOTICS for Engineers*, McGraw-Hill Book Company.
- Madcoms, 2003, *Pemrograman Borland Delphi 7*, Jilid 1 dan 2, Andi, Yogyakarta.
- McDonald, A. C., 1986, *Robot Technology: Theory, Design, and Application*, Prentice-Hall, USA.
- Pitowarno, E., 1994, *Mikroprosesor & Interface I dan II*, PT. Garuda Indonesia & Politeknik Elektronika Surabaya ITS, Surabaya
- Sigit, R., 2007, *Robotika, Sensor & Aktuatori : Persiapan Lomba Kontes Robot Indonesia dan Kontes Robot Cerdas Indonesia*, Graha Ilmu, Yogyakarta.